

АКАДЕМИЯ НАУК КАЗАХСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ

Э. И. МОНОКРОВИЧ

ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСНОГО
ТЕПЛО- И ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ
ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
СЕКТОРА
ГОРОДОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание
ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель —
академик АН Казахской ССР
доктор технических наук
профессор В. П. ЗАХАРОВ

АЛМА-АТА — 1960

Писать разборчиво

авторефер

6

А 3

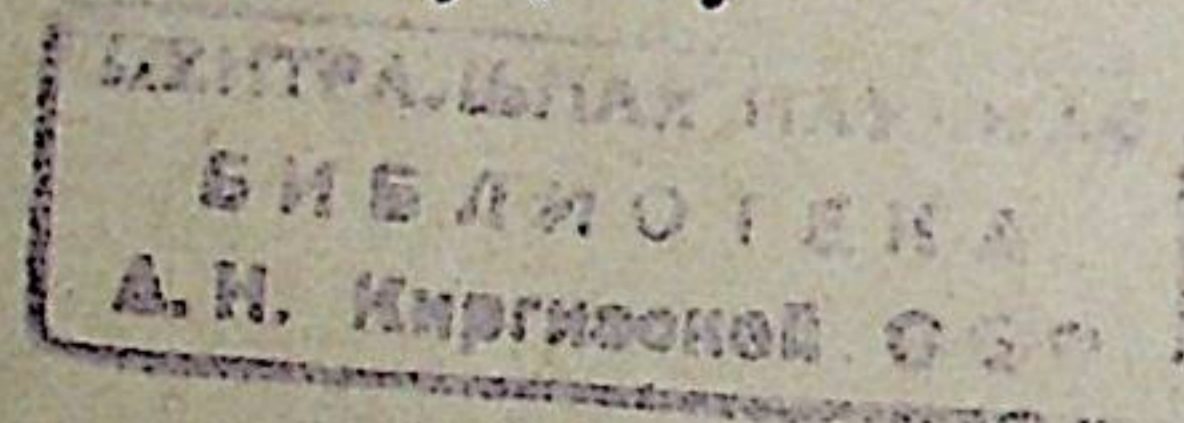
Монокрович

Э. И.

Монокрович

Работа выполнена в Институте энергетики
и автоматики АН Узбекской ССР

170738



1. В настоящее время в практике проектных организаций, занимающихся проектированием энергоснабжения городов, отсутствуют четкие методические положения, обуславливающие выбор оптимальных схем энергоснабжения с учетом рациональной структуры топливно-энергетического баланса и выявлением взаимного влияния смежных звеньев энергетики и коммунального хозяйства. В ряде случаев это приводит к серьезным ошибкам и перерасходу государственных средств. Проектные решения электро-, тепло- и газоснабжения городов Средней Азии не увязаны друг с другом; выбор энергоносителей производится без должного технико-экономического анализа и без учета структуры топливно-энергетического баланса; иногда, несмотря на достаточную теплоплотность потребителей, совершенно необоснованно проектируется децентрализованное теплоснабжение.

Вопросы кондиционирования воздуха, актуальность которых в городах IV климатического пояса давно уже назрела, в схемах энергоснабжения городов вообще не рассматриваются. Между тем кондиционирование воздуха не только способствует сохранению здоровья людей, но и является одним из самых действенных факторов повышения производительности труда в условиях жаркого климата.

В выполненной работе автор предпринял попытку наметить некоторые исходные положения, которые могли бы быть использованы при проектировании схем комплексного энергоснабжения (включая хладоснабжение) городов Средней Азии.

2. Широкое внедрение кондиционирования воздуха возможно лишь при высоком уровне производства энергии. В настоящее время уровень потребления электроэнергии в республиках Средней Азии примерно вдвое ниже среднего по СССР. Однако анализ перспектив развития энергетики среднеазиатских республик вселяет уверенность в том,

что вскоре этот край превратится в район избыточного производства электроэнергии и сможет часть ее передавать в другие районы СССР. При этом себестоимость электроэнергии в ЭЭС Средней Азии будет весьма невысокой, поскольку половина электроэнергии будет вырабатываться на гидроэлектростанциях с себестоимостью 0,37—1,9 коп/квт-ч, а другая половина — на тепловых станциях, 90% мощности которых будет размещено на новых крупных станциях с единичной мощностью агрегатов 50—300 мвт на высоких и сверхвысоких начальных параметрах.

В структуре топливного баланса Средней Азии сейчас совершается коренной перелом благодаря освоению громадных запасов газа Бухаро-Хивинской депрессии. В топливном балансе 1970 г. 80% энергетического топлива будут составлять природный газ и мазут. Из остальных 20% основную долю составит дешевый уголь Ангреноского разреза и газ подземной газификации. Себестоимость добычи природного газа составляет 2—4 рубля, а ангреноского угля — 22—34 рубля/т усл. топлива, что обеспечивает низкую топливную составляющую в себестоимости квт-ч, выработанного на тепловых станциях.

Противоречие между ирригацией и гидроэнергетикой (при главенствующей роли ирригации) в смысле трансформации стока рек во времени при весьма ограниченных возможностях энергетического перерегулирования создает положение, при котором гидростанции будут располагать возможностью вырабатывать в летнее время большое количество „сезонной“ электроэнергии. Исследования показали что режим потребления электроэнергии на кондиционирование воздуха достаточно хорошо совпадает с режимом выработки летней сезонной энергии ГЭС.

Хладофикация может развиваться и на базе абсорбционных установок, включенных в теплофикационные системы. Как показали расчеты, отпуск тепла из отборов ТЭЦ на производство холода позволит увеличить выработку электроэнергии по теплофикационному циклу на 35—38%.

3. Устойчивая аналогия основных климатических показателей для различных городов Средней Азии, определяющих характер потребления тепла и холода, позволила вывести их осредненные значения. По методике, предложенной проф. Л. А. Мелентьевым, нами построена интегральная кривая летних температур воздуха по продолжительности. Как показали расчеты тепловых балансов жилых зданий, значительные теплоизбытки, требующие включения кондиционных установок, появляются при $t_{нар} > +23^{\circ}\text{C}$.

Эта температура принята за $\Delta t=0$. Расчетная температура, определенная по методике, изложенной в СНиПе, и равная $37,6^{\circ}\text{C}$, принята за $\Delta t=1,0$. Число часов стояния температур выше $+23^{\circ}\text{C}$ за год равно 2550 и принято за $\Delta n=1$. Функциональная зависимость $\Delta t=f(\Delta n)$ представлена в табл. 1.

Таблица 1

Δn	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,02
Δt	0,00	0,03	0,07	0,11	0,16	0,24	0,34	0,46	0,59	0,75	1,00

4. В настоящее время архитектурно-планировочные показатели и состояние жилого фонда в разных городах Средней Азии весьма неодинаковы. Наряду с правильно спланированными городами и новыми жилмассивами, застроенными в основном 2—4-этажными зданиями, имеются старые города с преимущественно одноэтажным сильно обветшавшим жилым фондом. Норма жилой обеспеченности в настоящий момент в городах составляет 4—6 м²/чел. Изучение генеральных планов реконструкции городов Средней Азии по материалам „Узгоспроекта“ показало общность таких важнейших показателей, как структура баланса селитебной территории, структура жилой застройки по этажности, средняя плотность заселения и т. д. Эти планы предусматривают доведение жилой нормы до 9 м² к 1970 г. и до 12 м² — к 1975 г.

Основной прирост жилфонда намечается за счет создания новых крупных массивов государственной многоэтажной застройки на прирезаемых территориях. Так, в Ташкенте общая жилая площадь многоэтажных зданий за 15 лет увеличится в 14—15 раз. Основными типами зданий для массового строительства в новых жилмассивах приняты „малометражные“ дома с облегченными ограждающими конструкциями.

На основе анализа теплотехнических характеристик этих зданий определены для условий Средней Азии удельные расходы тепла на отопление и холода на кондиционирование воздуха.

Эти расходы несколько различаются для зданий разной этажности, однако, учитывая перспективную структуру застройки городов Средней Азии, можно на основании проведенных расчетов определить средний удельный расход тепла на отопление в 120 ккал/м²/час и расход холода — в 55 ккал/м²/час. При норме жилой площади в 12 м²/чел, это соответствует удельным расходам тепла и холода по жи-

лым зданиям соответственно 1440 и 660 ккал/чел/час, а с учетом общественных зданий — 1600 и 930 ккал/чел/час.

Зная расчетные часовые расходы тепла и холода, а также характер интегральных температурных кривых для зимы и лета, оказалось возможным построить графики стояния по продолжительности величины отопительной нагрузки (в относительных единицах), а также величины той доли летних теплоизбытков, которая зависит от наружной температуры.

В уравнении теплового баланса здания

$$\pm Q_{\text{конд.}} = \pm Q_{\text{нар.}} \pm Q_{\text{возд.}} + Q_{\text{рад.}} + Q_{\text{люд.}}$$

последние два члена, представляющие собой соответственно теплоприток за счет солнечной радиации и тепловыделения людей, не зависят от наружной температуры, в отличие от первых двух — теплопритока через наружные ограждения и теплопритока со свежим воздухом. Зависимость суммы первых двух слагающих от наружной температуры представлена в табл. 2.

Таблица 2

Δt	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0
$\Delta(Q_{\text{нар.}} + Q_{\text{возд.}})$	1,00	0,94	0,76	0,62	0,45	0,21

В табл. 3 показана зависимость той же величины (в долях) от продолжительности стояния.

Таблица 3

Δn	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$\Delta(Q_{\text{нар.}} + Q_{\text{возд.}})$	1,00	0,66	0,51	0,43	0,35	0,21

Поскольку величина $(Q_{\text{нар.}} + Q_{\text{возд.}})$ является основной в тепловом балансе жилых зданий (доля $Q_{\text{рад.}} + Q_{\text{люд.}}$ не превышает 10 ÷ 15%), график $\Delta(Q_{\text{нар.}} + Q_{\text{возд.}}) = f(\Delta n)$ в значительной мере определяет характер потребления холода жилыми зданиями. Годовое число часов максимума холодильной нагрузки по жилым зданиям h_x было определено в 1310.

В тепловых балансах общественных зданий доля $Q_{\text{рад.}} + Q_{\text{люд.}}$ резко возрастает, особенно за счет последней вели-

чины. Например, для таких общественных зданий как кино-театры $h_x = 1860 \text{ час/год}$.

В целом по жилищно-коммунальному сектору городов, с учетом нормативной обеспеченности жителей культурными и коммунально-бытовыми учреждениями, величина $h_x = 1470 \text{ час/год}$. Таким образом, величина удельного годового потребления холода на кондиционирование воздуха нами определена в 1,37 мгкал/чел.

5. Произведенные расчеты показали, что расчетная нагрузка кондиционных установок при центральной схеме в 1,2—1,3 раза больше, чем при автономной. В свою очередь, при одинаковых схемах кондиционирования удельный расход холода в „полнометражных“ домах на 25—35% выше чем в малометражных.

С учетом суточных колебаний наружной температуры, а также часов работы различных культурных и коммунально-бытовых учреждений построены суточные графики нагрузки кондиционных установок в жилищно-коммунальном секторе городов Средней Азии для мая, июня, июля, августа, сентября, определена доля каждого месяца в годовом потреблении холода.

6. На основе изучения нормативных материалов (СНиП и „Правила и Нормы планировки и застройки городов“) определены расчетные часовой, суточный и годовой расходы тепла на горячее водоснабжение по жилым домам и коммунально-бытовым учреждениям на 1000 человек при нормальной обеспеченности населения коммунальными услугами, общественным питанием и т. д. Построен обобщенный график нагрузки горячего водоснабжения по жилищно-коммунальному сектору в расчете на 1000 человек. Максимально-часовой расход тепла на горячее водоснабжение составляет 600 ккал/чел, а суточный — 6300 ккал/чел. При наличии баков-аккумуляторов тепло от ТЭЦ или котельной может отпускаться по ровному графику из расчета 260 ккал/чел./час. Удельная емкость аккумулятора составит 30 л/чел, при этом за счет аккумулятора будет покрываться 25% суточного и 57% максимально-часового расхода горячей воды с соответствующим снижением мощности теплогенерирующих установок, химводоочистки и т. д. Для крупных жилмассивов следует сооружать аккумуляторы большой емкости (5—10 тыс. м³), устанавливая их на ТЭЦ.

7. С учетом расхода тепла на горячее водоснабжение расчетная удельная мощность теплофикационных систем с тепловыми аккумуляторами в новых жилмассивах городов Средней Азии должна составлять 1860 ккал/чел/час. Соотношение расходов тепла на отопление, вентиляцию, горячее

водоснабжение и кондиционирование воздуха для климатических условий г. Ташкента показано в табл. 4. Расход тепла на производство холода подсчитан с учетом среднего сезонного значения теплового коэффициента абсорбционной машины 0,6.

Таблица 4

Направление расхода тепла	Расчетный часовой расход, ккал/чел	Годовой расход мкал/чел	Доля годового расхода, %
Отопление и вентиляция	1600	2,4	35,8
Горячее водоснабжение	260	2,1	31,4
Кондиционирование воздуха	1500	2,2	32,8
Всего		6,7	100,0

Построен график тепловой нагрузки жилищно-коммунального сектора по продолжительности и выявлена зависимость $\alpha_{\text{год}} = f(\alpha_{\text{час}})$. Годовое число часов стояния максимума тепловой нагрузки (с учетом потребления тепла на хладофикацию) составляет 3600 часов. При коэффициенте $\alpha_{\text{т.р.}} = 0,6$ полная тепловая загрузка теплофикационных отборов составляет более 5000 часов. При таком теплотреблении теплофикация может успешно развиваться даже в районах дешевого топлива.

8. Исследованы энергетические показатели водоаммиачных абсорбционных холодильных машин при условии теплоснабжения их от ТЭЦ и от котельных. Для этого рассчитаны 12 режимов работы при различных температурах конденсации, абсорбции и испарения. Так как при отпуске тепла из отборов ТЭЦ попутно вырабатывается электроэнергия, вытесняющая выработку КЭС, то расход топлива на выработку холода определен по формуле

$$b_a = \frac{1}{\varphi_a \cdot \eta_c} \cdot \left[\frac{143 (i_1 - t_{\text{от}})}{\eta_k (i_{\text{от}} - t_{\text{от}})} - \frac{0,123 y}{\eta_{\text{кэс}}} \right] \text{ кг/мкал холода}$$

Для ТЭЦ с параметрами 130 ата и 565°C и с одним промперегревом $b_a = \frac{70}{\varphi}$, где φ — тепловой коэффициент абсорбционной машины. По найденным для условий Средней Азии значениям φ_a определен расход топлива на выработку холода при получении тепла от ТЭЦ.

Определено условие равной экономичности по расходу топлива абсорбционных и компрессионных машин, которое при современных значениях к.п.д. КЭС может быть выражено формулой

$$\Delta b = \frac{480}{E_k} - \frac{70}{\varphi_a},$$

где E_k — холодильный коэффициент компрессионной машины.

При теплоснабжении абсорбционных установок от котельных расход топлива на единицу холода в 2,7 раза выше, чем при получении тепла от ТЭЦ с высокими начальными параметрами.

Таблица 5

Тип холодильной установки	Расход топлива на 1 мкал холода	
	кг	%
1. Абсорбционная — получение тепла от ТЭЦ с $P=130 \text{ ата}$ и $t=565^\circ\text{C}$	113	100
2. Абсорбционная — получение тепла от котельной	308	272
3. Компрессионная с крупными аммиачными компрессорами и водяным охлаждением	122	108
4. Компрессионная с малыми фреоновыми компрессорами и воздушным охлаждением	130	115

В работе показано, что при повышении расчетной температуры холодного воздуха, зависящей от температуры испарения t_0 , несмотря на улучшение φ_a , общий расход тепла, электроэнергии и охлаждающей воды на кондиционную установку увеличивается, так как растет кратность воздухообмена.

9. Исследованы энергетические показатели компрессионного способа производства холода при воздушном и водяном охлаждении машин. Определена зависимость хладопроизводительности 1 квтч для малых фреоновых и для крупных аммиачных компрессоров от температур кипения и конденсации с учетом к.п.д. электродвигателей. Показана зависимость расхода электроэнергии на привод компрессоров и вентиляторов от температуры холодного воздуха, а также определен расход топлива на КЭС для выработки соответствующего количества электроэнергии.

В табл. 5 показано соотношение расходов топлива на 1 мкал холода при различных способах его производства.

10. В работе показано, что осушение воздуха химическими поглотителями влаги — растворами LiCl и LiBr — в условиях Средней Азии ощутимого энергетического эффекта не дает, так как в жаркий период года влагосодержание воздуха здесь составляет всего 8—12 г/кг, что соответствует величине относительной влажности 18—30%. Поэтому существенного снижения теплосодержания воздуха за счет его осушения получить не удастся.

Вместе с тем, этот метод может найти себе практическое применение и в условиях Средней Азии — в тех случаях, когда для кондиционирования воздуха используется вода артезианских скважин. Расчеты показали, что при расчетной температуре воздуха для условий Ташкента $37,6^\circ\text{C}$ расход артезианской воды при предварительном осушении воздуха может быть снижен в 1,5 раза, а при более низких температурах наружного воздуха — еще значительно.

11. При наличии достаточного количества проточной охлаждающей воды большую экономию холода может дать выполнение кондиционной установки по двухступенчатой схеме, при которой охлаждающая вода вначале поступает в 1-ю камеру орошения (1-ю ступень), а из её поддона поступает в конденсатор холодильной машины; воздух, предварительно охлажденный в 1-й ступени, доохлаждается затем во 2-й ступени, которая может представлять собой либо поверхностный охладитель, либо 2-ю камеру орошения, через которую по замкнутому контуру циркулирует вода, охлажденная с помощью холодильной машины. Расчеты, выполненные по методике, предложенной В. В. Мухиным, показали, что при наличии охлаждающей воды с температурой 15°C можно, выполнив кондиционную установку по двухступенчатой схеме, снизить мощность холодильных машин на 40%.

12. В последние 15 лет в ряде стран с умеренным климатом (США, Англия, Швейцария) получили распространение тепловые насосы. В большинстве случаев тепловые насосы используются в летнее время для получения холода, а зимой — для выработки тепла. В работе приводятся исследования условий работы тепловых насосов применительно к климатологическим данным рассматриваемого региона. Экономичность работы тепловых насосов более всего зависит от отношения $\frac{T_1}{T_0}$, где T_1 — температура конденсации, определяемая необходимой температурой воды, подаваемой в отопительную систему, а T_0 — температура испарения, зависящая от температуры тела, служащего нижним источником тепла. Наиболее часто в действующих установках в качестве ниж-

него источника тепла используется речная вода. Обработка большого числа наблюдений за температурой воды в реках различных бассейнов показала, что в районах нахождения крупных городов средняя температура воды в реках Средней Азии в течение отопительного сезона равна примерно $+3^\circ\text{C}$.

Температуру воды в прямой линии отопительной системы в течение 85—88% времени зимнего сезона можно держать не выше 75°C , плавно изменяя в соответствии с изменением температуры наружного воздуха. Для этих температурных границ с учетом температурных напоров в конденсаторе и испарителе построен график стояния по продолжительности отношения $\frac{T_1}{T_0}$, определяющего теплопроизводительность киловаттчаса в цикле теплового насоса.

Установлено, что для районов Средней Азии среднее за зиму отношение $\frac{T_1}{T_0}$ равно 1,2. Этому соответствует высокое значение теплопроизводительности киловаттчаса, порядка $5400 \frac{\text{ккал}}{\text{квт-ч}}$. В остальные 12—15% времени зимнего сезона, когда необходима более высокая температура воды в отопительной системе, тепловые насосы могут работать совместно с пиковыми котлами, покрывая 60—65% тепловой нагрузки.

Среднее за сезон значение действительного коэффициента преобразования теплового насоса для условий Средней Азии определено в 3,8.

В работе показано, что тепловой насос с газовым приводом при частичной утилизации тепла выхлопных газов почти вдвое экономичнее по расходу топлива, нежели котельная установка равной мощности.

При снятии пика отопительной нагрузки специальным котлом в качестве теплового насоса могут использоваться и абсорбционные холодильные машины, которые в таких условиях будут работать при обычных для холодильных машин давлениях.

Определены капитальные затраты на тепло-насосные установки производительностью от 150 до 6750 тыс. ккал/час ; при этом были использованы цены на оборудование холодильных установок. Техничко-экономическое сопоставление тепловых насосов с котельными установками, работающими на газе, только по отопительной нагрузке приводит к выводу о нерентабельности первых. Однако в условиях Средней Азии, где кондиционные установки должны стать таким же неотъемлемым элементом инженерного оборудования зданий, как и отопительные системы, такое сопоставление является в принципе неправильным. Капитальным затратам

на тепловой насос следует противопоставлять затраты на комплекс „котельная установка + холодильная машина“. При таком сопоставлении тепловые насосы в некоторых случаях могут оказаться более выгодными, чем схемы с отдельной выработкой тепла и холода.

13. Количественные соотношения расхода различных энергоносителей — горячей воды, газа, электроэнергии — так же, как и мощности соответствующих сетей, при одинаковой степени обеспечения населения коммунально-бытовыми услугами зависят от принятой схемы энергоснабжения города или жилого массива. При отпуске тепла от ТЭЦ на отопление, горячее водоснабжение и кондиционирование воздуха возможно вырабатывать по теплофикационному циклу $2600 \text{ квт-ч/чел/год}$. Это не только полностью удовлетворяет потребность жителей в электроэнергии, но и позволит значительную долю ее (более 40%) передавать промышленности, вытесняя из энергобаланса соответствующую выработку КЭС. Эти соображения позволяют, на наш взгляд, рекомендовать для новых районов многоэтажной жилой застройки городов Средней Азии теплоэлектрическую схему энергоснабжения, отказавшись от ввода газа в дома.

Таблица 6

Назначение сетей	Расчетная мощность сети на человека	Вид энергоносителя	Годовое потребление энергоносителя на человека	Годовое число часов использования мощности сети
Тепловые сети магистральные и распределительные	$1860 \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$	Горячая вода	6,7 мкал	3600
Электрические вводы в здания	0,45 квт	Электроэнергия	1500 квт-ч	3340
Газовые скважины, газопровод и отвод от газопровода к ТЭЦ	$0,24 \text{ м}^3/\text{час}$	Газ	1190 м ³	5000
Водопроводные магистрали	110 л/сут	Вода	80 000 л	

В табл. 6 и 7 приводятся установленная мощность сетей, приходящаяся на одного жителя, а также данные, характеризующие удельные годовые расходы энергоносителей и загрузку сетей соответственно для комбинированной и отдельной схем энергоснабжения.

Сравнивая данные этих таблиц, видим, что степень использования всех сетей при комбинированной схеме выше.

Следует отметить, что в основном улучшение показателей комбинированной схемы достигается путем сочетания теплофикации с хладофикацией.

Таблица 7

Назначение сетей	Расчетная мощность сети на человека	Вид энергоносителя	Годовое потребление энергоносителя на человека	Годовое число часов использования мощности сети
Тепловые сети распределительные	$1600 \frac{\text{ккал}}{\text{час}}$	Горячая вода	2,4 мкал	1500
Электрические вводы в здания	0,5 квт	Электроэнергия	1500 квт-ч	3000
Газовые сети низкого давления	$0,07 \text{ м}^3/\text{час}$	Газ	180 м ³	2570
Газовые сети среднего давления	$0,44 \text{ м}^3/\text{час}$	Газ	730 м ³	1660
Газовые скважины и магистральные газопроводы	$0,63 \text{ м}^3/\text{час}$	Газ	1680 м ³	2670
Водопроводные магистрали	220 л/сут	Вода	80 000 л	

14. При повышении температуры теплоносителя тепловой коэффициент абсорбционных машин увеличивается, что означает уменьшение расхода энергии на выработку холода. Вместе с тем, повышение параметров отпускаемого из отборов тепла уменьшает выработку электроэнергии по теплофикационному циклу и, стало быть, приводит к увеличению расхода топлива на выработку электроэнергии. С целью выявления преобладающего фактора проделаны расчеты, показавшие безусловную выгоду понижения потенциала отпускаемого от ТЭЦ тепла. Нижний предел температуры теплоносителя определяется той температурой генерации, при которой гарантирована устойчивая работа абсорбционной установки. Эта температура для водоаммиачных машин равна 90—95°C, а для хлористо- и бромистолитиевых — еще ниже.

Для увязки температурных режимов работы абсорбционных установок и систем горячего водоснабжения рекомендуется в абсорбционной установке на линии подачи холодного крепкого раствора из абсорбера в генератор устанавливать между регенеративным теплообменником и генератором дополнительный теплообменник, в котором теплоноситель, вышедший из генератора, понижал бы температуру

до 70—65°C. С этой температурой он может направляться в систему горячего водоснабжения.

15. При технико-экономическом сопоставлении теплофикации с отдельной схемой производства электроэнергии и тепла по существующей методике допускаются, на наш взгляд, две серьезные ошибки:

1) не учитываются изменения в проектных решениях по смежным участкам коммунального и энергетического хозяйства жилищно-коммунального сектора, обусловленные развитием теплофикации;

2) дополнительные затраты в топливную базу, учитываемые при отдельной схеме, определяются не по часовому, а по годовому расходу топлива, причем затраты на хранение газа не учитываются. В условиях Средней Азии, где основным энергетическим топливом становится газ, это приводит к занижению затрат по топливной базе. Необходимо помимо капитальных и эксплуатационных затрат на добычу и транспорт дополнительного количества топлива, учитывать еще затраты на его хранение. При отсутствии же газохранилищ капитальные затраты на газовые скважины и магистральные газопроводы, а также и газовые сети среднего давления должны определяться по расчетному часовому расходу газа.

Теплофикационные системы с крупными тепловыми аккумуляторами, осуществляющие отопление зданий, а также горячее водоснабжение путем непосредственного разбора воды из отопительных систем, обуславливают принятие более дешевых проектных решений по таким звеньям городского коммунального хозяйства, как газоснабжение, водоснабжение и внутридомовое инженерное оборудование. Так, СНиПом предусматривается общая подача воды в размере 220 л на одного жителя в сутки. Из этого количества 110 л, т. е. половину, жители могут получать в виде горячей воды из теплосети. За счет этого пропускная способность водопроводных магистралей может быть снижена на 50%.

При комбинированной схеме по мере увеличения потребности тепла в жилищно-коммунальном секторе увеличивается и выработка электроэнергии по теплофикационному циклу, которая вытесняет выработку КЭС и соответственно снижает расход топлива по системе. Это в значительной мере компенсирует увеличение расхода топлива на выработку тепла, что особенно важно при использовании в качестве топлива природного газа. Отношение максимального расхода топлива на выработку электроэнергии и тепла при полной тепловой нагрузке к расходу топлива при отсутствии

тепловой нагрузки в комбинированной схеме будет равно 1,67, а при отдельной — 2,64. Это соответствующим образом повлияет на стоимость газоснабжающей системы.

Приведенные выше соображения убеждают нас в том, что технико-экономическое сопоставление комбинированной и отдельной схем энергоснабжения по применяющейся ныне методике не дает правильного представления об эффективности капитальных вложений в ту и другую схемы, так как не учитывает положительного влияния теплофикации на смежные звенья энергетики и коммунального хозяйства.

Более или менее полный учет народнохозяйственного эффекта теплофикации может быть достигнут при технико-экономическом сопоставлении комбинированного и отдельного энергоснабжения по предлагаемой схеме (стр. 16).

Безусловно, предлагаемая методика более сложна и трудоемка, чем применяющаяся ныне, однако это усложнение нам представляется вполне оправданным, так как позволяет гораздо точнее выявить народнохозяйственный эффект той или иной схемы энергоснабжения города.

Необходимо подчеркнуть, что капитальные затраты на добычу и транспорт газа при отсутствии газохранилищ должны определяться по часовой производительности газоснабжающей системы. Применяющаяся ныне методика, по которой удельные капиталовложения в газовую систему подсчитываются на 1 т усл. топлива или 1000 м³ годовой добычи, занижает величину капиталовложений в топливную базу, не стимулирует поисков оптимального топливно-энергетического баланса и выбора рациональных схем энергоснабжения.

Для проверки правильности изложенных соображений был проделан расчет капиталовложений в комбинированную и отдельную схемы энергоснабжения жилмассива в западной части г. Ташкента, причем капиталовложения в отдельную схему были приняты предельно низкими.

При сопоставлении вариантов по существующей методике сумма капиталовложений в отдельную схему оказалась на 30% меньше, чем в комбинированную.

При учете дополнительных капиталовложений в топливную базу не на тонну условного топлива годовой добычи, а на 1 т усл. топл./час, т. е. по часовой мощности газоснабжающей системы, разница в капиталовложениях оказалась равной 11% в пользу отдельной схемы.

При сопоставлении же вариантов по предлагаемой методике, т. е. с учетом удешевления смежных участков коммунального хозяйства и включением в общий комплекс рас-

ходов по кондиционированию воздуха, сумма капиталовложений в комбинированную схему оказалась на 10% меньше, чем в отдельную.

I Комбинированное производство электроэнергии, тепла и холода	II Раздельное производство электроэнергии, тепла и холода
<i>Капиталовложения</i>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. ТЭЦ 2. Пиковые котельные 3. Тепловые сети 4. Тепловые аккумуляторы 5. Добыча газа 6. Магистральный газопровод и газохранилища 7. Подвод газа к ТЭЦ (газопровод высокого или среднего давления) 8. Магистраль водопровода 9. Система горячего водоснабжения 10. Электрооборудование кухонь 11. Центральные кондиционные установки с абсорбционными холодильными машинами 	<ol style="list-style-type: none"> 1. КЭС 2. Котельные установки (районные, групповые или индивидуальные) 3. Тепловые сети 4. Аккумуляторы горячей воды 5. Добыча газа 6. Магистральный газопровод и газохранилища 7. Газовые сети среднего и низкого давления 8. Внутридомовое газовое оборудование 9. Магистраль водопровода 10. Центральные или автономные кондиционные установки с компрессионными машинами
Всего	Всего
<i>Эксплуатационные издержки</i>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. ТЭЦ 2. Пиковые котельные 3. Тепловые сети 4. Добыча и транспорт газа 5. Водопровод 6. Кондиционные установки 	<ol style="list-style-type: none"> 1. КЭС 2. Котельные установки 3. Тепловые сети 4. Добыча и транспорт газа 5. Газовые распределительные сети 6. Волопровод 7. Кондиционные установки
Всего	Всего
$S'_{расч.} = U_1 + 0,125 K_1$	$S''_{расч.} = U_2 + 0,125 K_2$

Таким образом, предлагаемая методика позволяет более полно учитывать народнохозяйственный эффект комбинированного производства электроэнергии, тепла и холода.

Автор надеется, что выполненная работа окажется полезной для проектных организаций, занимающихся проектированием энергетического комплекса инженерных сооружений городов, а также энергетического и сантехнического оборудования жилых и общественных зданий.

Из числа выводов, полученных в работе, отметим следующие:

1. Включение хладофикации в общий энергетический комплекс (тепло, холод, электроэнергия), как показали проведенные расчеты, приводит к принципиально новым решениям схем энергоснабжения городов. Потребление холода, вырабатываемого с помощью абсорбционных машин, включенных в теплофикационные системы по предложенной в работе схеме, выравнивает годовой график тепловой нагрузки ТЭЦ и значительно повышает эффективность теплофикации.

Потребление тепла на выработку холода может составить третью часть всего количества тепла, расходуемого в жилищно-коммунальном секторе городов Средней Азии. При этом число часов стояния максимума тепловой нагрузки составляет 3600, а число часов использования мощности теплофикационных отборов при $\alpha_{т.р} = 0,6$ превышает 5000. Это говорит о том, что в IV климатическом поясе эффективность теплофикации может быть не меньшей, чем во II климатическом поясе.

2. На основе анализа теплотехнических характеристик внедренных в массовое строительство жилых и общественных зданий, с учетом местных климатологических данных, определены нормы потребления тепла на отопление, горячее водоснабжение, а также холода и энергии на кондиционирование воздуха.

Удельные расходы тепла в жилищно-коммунальном секторе городов Средней Азии достигают значительной величины: максимально-часовой — 1860 ккал/чел, годовой — 6,7 мкал/чел. Это обеспечивает выработку 2300 квт-ч/чел/год по теплофикационному циклу, что позволяет рекомендовать для крупных районов многоэтажной жилой застройки тепло-электрическую схему энергоснабжения от ТЭЦ.

3. Путем применения крупных тепловых аккумуляторов в открытых теплофикационных системах расчетный часовой отпуск тепла от ТЭЦ на горячее водоснабжение можно снизить с 600 до 260 ккал/чел.

4. При наличии дешевой охлаждающей воды целесообразно охлаждать воздух по предложенной двухступенчатой схеме, дающей значительную экономию „машинного“ холода и мощности холодильных машин.

120738

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

5. В новых районах многоэтажной жилой застройки, подключенных к системам теплофикации, целесообразно применение центральных кондиционных установок с абсорбционными машинами, т.е. централизация теплоснабжения при децентрализованном хладоснабжении.

В новых районах, не подключенных к ТЭЦ, должны найти применение центральные кондиционные установки с машинами компрессионного типа.

Областью применения автономных кондиционеров является существующая застройка. Наряду с этим автономные кондиционеры могут применяться и в новых зданиях, особенно в тех случаях, когда подвод охлаждающей воды затруднителен.

6. Теплофикация оказывает положительное влияние на проектные решения по смежным участкам энергетического и коммунального хозяйства (газо-, водо-, хладоснабжение), позволяя ограничиваться меньшими средствами. Это обстоятельство, совершенно не учитываемое в существующей методике технико-экономического сопоставления отдельной и комбинированной схем производства тепла и электроэнергии, приводит к занижению народнохозяйственного эффекта теплофикации.

Эффект экономии топлива (газа), обеспечиваемой при теплофикации, в настоящее время преуменьшается, так как дополнительные капиталовложения в топливную базу при отдельной схеме определяются на тонну годовой добычи. Необходимо определять капиталовложения в добычу и транспорт газа по часовой мощности газоснабжающей системы с учетом дополнительных затрат по газохранилищам.

Предложенная схема технико-экономического сопоставления отдельного и комбинированного энергоснабжения учитывает влияние теплофикации на смежные звенья коммунального хозяйства, а также на режим потребления топлива и, следовательно, на затраты по топливной базе. Как показали расчеты, это может привести к изменению соотношения капиталовложений в комбинированную и отдельную схемы.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ОПУБЛИКОВАНЫ:

1. Монокрович Э. И. Рациональная схема использования газа для получения тепла и холода, Известия АН УзССР (серия техн. наук), 1958, № 1.
2. Монокрович Э. И. О комплексном тепло- и хладоснабжении в условиях Средней Азии, Известия АН УзССР (серия техн. наук), 1958, № 4.
3. Монокрович Э. И. Некоторые вопросы централизованного теплоснабжения городов Средней Азии, Известия АН УзССР (серия техн. наук), 1959, № 1.

6